

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-200579

(43)Date of publication of application : 18.07.2000

(51)Int.Cl.

H01J 37/28

H01J 37/248

(21)Application number : 11-000222

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.01.1999

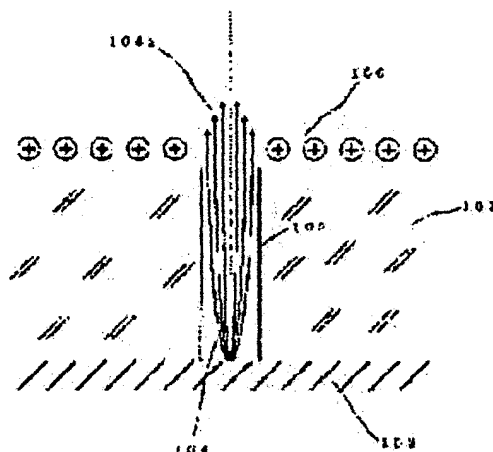
(72)Inventor : TODOKORO HIDEO
ESUMI MAKOTO
USAMI YASUTSUGU

(54) SCANNING ELECTRON MICROSCOPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable to observe the bottom of a contact hole or inside wiring.

SOLUTION: In observing a contact hole 102, positive charges 106 are produced at the surface of an insulating material 101, and then, secondary electrons 104 are attracted from inside the hole in this electric field. In a wiring embedded in the insulating material, an electron beam is made to be intruded into a sample, and then, the existence of the wiring is reflected as a change in charging quantity at the surface, to be thus observed. Specifically, prior to the observation, the surface of the sample is irradiated for a predetermined period at an accelerating voltage which is different from an accelerating voltage at the time of the observation and actively produces positive or negative charges. Thereafter, the accelerating voltage is returned to a value suitable for the observation, and then, the observation is carried out.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-200579

(P2000-200579A)

(43) 公開日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	F I	テマート* (参考)
H 0 1 J 37/28		H 0 1 J 37/28	B 5 C 0 3 0
37/248		37/248	B 5 C 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-222

(22) 出願日 平成11年1月4日 (1999.1.4)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 戸所 秀男

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株

式会社日立製作所計測器事業部内

(72) 発明者 江角 真

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株

式会社日立製作所計測器事業部内

(74) 代理人 100091096

弁理士 平木 祐輔

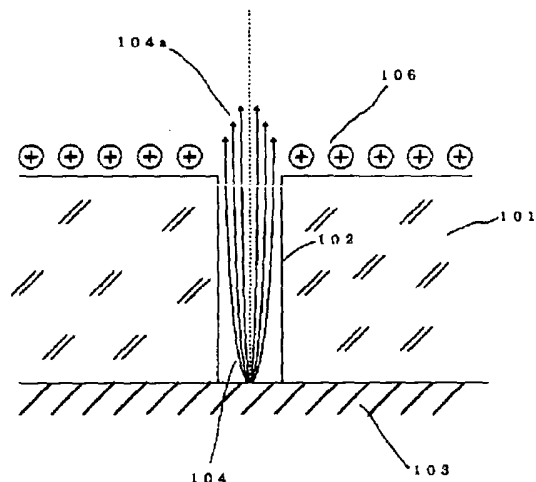
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 走査形電子顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 コンタクトホール102の底や内部配線を観察できるようにする。

【解決手段】 コンタクトホール102の観察では、絶縁物101の表面に正の帯電106を作り、この電界で二次電子104をホール内から吸引する。絶縁物に埋没した配線では、電子ビームを試料内に進入させ、配線の有無を表面の帯電量の変化として映し出し、これを観察する。具体的には、観察前に観察時の加速電圧と異なり、積極的に正または負の帯電を起こす加速電圧で試料表面を一定時間照射し、そののち観察に適した加速電圧に戻して観察する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 加速した電子ビームで試料を走査し、試料から発生した二次電子又は反射電子あるいはその両者を検出して像を形成する走査形電子顕微鏡において、第1の加速電圧で試料に電子照射を行った後、前記第1の加速電圧と異なる第2の加速電圧で走査像観察を行う機能を有することを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項2】 加速した電子ビームで試料を走査し、試料から発生した二次電子又は反射電子あるいはその両者を検出して像を形成する走査形電子顕微鏡において、試料に電圧を印加する電圧印加手段を備え、前記電圧印加手段により第1の電圧を試料に印加した状態で電子照射を行った後、前記第1の電圧と異なる第2の電圧を試料に印加して像観察を行う機能を有することを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項3】 加速した電子ビームで試料を走査し、試料から発生した二次電子又は反射電子あるいはその両者を検出して像を形成する走査形電子顕微鏡において、試料に電圧を印加する第1の電圧印加手段と、試料に対面した対面電極に電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備え、前記第1の電圧印加手段及び／又は第2の電圧印加手段により電圧を印加して試料に電子照射を行った後、前記第1の電圧印加手段及び／又は第2の電圧印加手段により前記電子照射時とは異なる電圧を印加して像観察を行う機能を有することを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項4】 請求項1、2又は3記載の走査形電子顕微鏡において、像観察時の電子ビーム加速電圧が2 kV以下であることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項5】 請求項1、2又は3記載の走査形電子顕微鏡において、電子照射時の電子ビーム加速電圧が観察対象とする試料内構造を被覆する絶縁膜を貫通するに十分な値に設定されていることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項6】 請求項1、2又は3記載の走査形電子顕微鏡において、電子照射時の電子ビーム加速電圧が30 V以下であることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項7】 請求項2又は3記載の走査形電子顕微鏡において、電子照射時に、試料の電圧が試料に対面する対面電極あるいは対物レンズ下面に対し正電圧になるように試料印加電圧あるいは対面電極の電圧が制御されることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項8】 電子源と、前記電子源から発生した一次電子ビームを試料上に走査する走査偏向器と、前記一次電子ビームを収束する対物レンズと、試料に負電圧を印加して前記対物レンズと試料との間に前記一次電子ビームに対する減速電界を形成する電圧印加手段と、前記電子源と前記対物レンズの間に配置されて試料からの二次信号を検出する二次信号検出器とを備える走査形電子顕微鏡において、

前記電圧印加手段により第1の電圧を試料に印加して第1の加速電圧で前記一次電子ビームを試料上に走査した後、前記電圧印加手段により前記第1の電圧と異なる第2の電圧を試料に印加して第2の加速電圧で前記一次電子ビームを試料上に走査して試料像を観察する機能を有することを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項9】 電子源と、電子源から発生した一次電子ビームを試料上に走査する走査偏向器と、前記一次電子ビームを収束する対物レンズと、前記一次電子ビームの照射により試料から発生する二次信号を検出する二次信号検出器を含み、試料の二次元走査像を得る走査形電子顕微鏡において、

前記対物レンズの電子ビーム通路に配置された加速円筒と、前記加速円筒に一次電子ビームの後段加速電圧を印加する第1の電圧印加手段と、試料に負電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備え、前記第1の電圧印加手段及び第2の電圧印加手段により電圧を印加して試料を走査する処理を行った後、前記第1の電圧印加手段及び第2の電圧印加手段により前記処理の際とは異なる電圧を印加して試料を走査して試料の二次元走査像を得る機能を有することを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項10】 請求項1記載の走査形電子顕微鏡において、電子ビームの通路に偏向器と該偏向器により偏向された電子ビームを遮断するアパーチャとからなるブランキング手段を備え、前記ブランキング手段を用いて、前記第1の加速電圧に設定されるまでの間の電子ビーム遮断、前記電子照射時間、及び前記第2の加速電圧に設定されるまでの間の電子ビーム遮断を制御することを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項11】 請求項1～10のいずれか1項記載の走査形電子顕微鏡において、前記電子線照射及び前記第2の加速電圧の設定が動作条件及び動作シーケンスを記述したプログラムによって自動的に実行されることを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項12】 請求項11～10のいずれか1項記載の走査形電子顕微鏡において、他の装置で得られた試料上の位置に関する情報が入力され、試料を保持する試料ステージが前記情報に基づいて自動的に移動することを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【請求項13】 請求項12記載の走査形電子顕微鏡において、各試料位置での走査像を記録し、前記記録された走査像を分類して表示する機能を有することを特徴とする走査形電子顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、試料表面に電子ビームを走査し、試料から発生する二次信号を検出することで試料表面の形状あるいは組成等を表わす二次元の走査像を得る走査形電子顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】走査形電子顕微鏡は、加熱形または電界放出形の電子源から放出された電子を加速し、静電レンズまたは磁界レンズを用いて細い電子ビーム（一次電子ビーム）とし、その一次電子ビームを観察する試料上に二次元状に走査し、一次電子ビーム照射で試料から二次的に発生する二次電子または反射電子等の二次信号を検出し、検出信号強度を一次電子ビームの走査と同期して走査されるブラウン管の輝度変調入力とすることで二次元の走査像を得る。一般の走査形電子顕微鏡では、負電圧を印加した電子源から放出された電子を接地電圧にある陽極との間で加速し、接地電圧にある検査試料に一次電子ビームを走査する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】走査形電子顕微鏡で半導体プロセス過程にあるウエハの加工形状等を観察する場合は、ウエハ内の絶縁物が電子走査することによって帯電するのを防ぐために、2 kV以下の低加速電圧で観察する。これは、電子を物質に照射したときに発生する二次電子発生効率 δ に関係する。ここで、二次電子発生効率 δ は〔（二次電子量）／（一次電子量）〕で定義される。

【0004】図1に、二次電子発生効率 δ と加速電圧の関係を示した。二次電子発生効率 δ が1になる加速電圧（1 kV～2 kV）を選択すると、試料に入る電子（入射電子）と試料から出る電子（二次電子）の個数が等しくなり、帯電の発生を防ぐことができる。この二次電子発生効率 δ が1.0になる加速電圧は、物質によって異なるが、ほぼ1～2 kVである。二次電子発生効率 δ が1を超える加速電圧では、一次電子の入射よりも二次電子放出が勝つために絶縁物の表面は正に帯電する。この正の帯電電圧はせいぜい数Vで、しかも安定しているため走査像の観察には問題にならない。ところが、1 kV～2 kVの範囲では、試料によっては二次電子発生効率 δ が1以上にならないものがある。このため不安定な負の帯電が発生する。そこで、絶縁物が含まれているウエハの観察には、二次電子発生効率 δ が1.0を超える500 Vから1000 Vの加速電圧が選択されている。

【0005】半導体ウエハの観察は、このような条件で行われているが、実用上大きな問題となっているのは、深いコンタクトホールを観察である。図2は、コンタクトホール102は、導体の基板103と絶縁物101の上面に作られる配線（図示せず）との電気的接続をとるためのものである。コンタクトホール観察の目的は、絶縁物101をエッチングしたホール102の開口の確認である。導体の基板103がコンタクトホール102の底にしっかりと露出していないと、コンタクトホール102に金属を埋めても（デポジション）、導体の基板103との接続ができない導通不良となる。このためホール102の底を観察し、基板103が露出していることを

走査形電子顕微鏡で観察できることが要求される。

【0006】図2に示すように、コンタクトホール102の底で発生した二次電子104の大部分はホール102の壁に衝突して消滅し、上方に向かった一部分の二次電子104aのみがホールを脱出する。コンタクトホールが浅い（アスペクト比 $<1\sim2$ ）場合には、信号の減少はあるが、かなりの部分の二次電子がホール102を脱出するため、観察可能であった。しかし、最近の半導体デバイスのように微細化が進み、アスペクト比が3を超えるようになるとコンタクトホールの底を観察することが不可能になった。

【0007】図3は、従来の走査形電子顕微鏡では観察が困難な他の試料例を示す説明図である。絶縁物101内に金属配線105、例えばアルミ配線が埋没している試料を帯電を起こさない低加速電圧で観察すると、すでに述べた通り絶縁物の表面は二次電子のバランスにより正の安定した帯電になる。そのため、走査形電子顕微鏡では内部配線105があってもその存在を観察することはできない。本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みなされたもので、コンタクトホールの底や内部配線を観察することのできる走査形電子顕微鏡を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記目的は、目的の観察の前に観察に望ましい表面帯電（正または負）を絶縁物表面に与えることで達成できる。例えば、図2に示した高アスペクトのホール観察では、図4に示すように絶縁物101の表面に正の帯電106を与える。こうすることにより、導体基板103と絶縁物101の表面との間に強い電界（例えば1 Vの帯電が発生すると、 $1\text{ V}/1\text{ }\mu\text{m}=10\text{ kV}/\text{cm}$ の電界）が形成され、ホール102の底で作られた二次電子104は図示するように電界で集束されて、ホール102の開口から外に出るようになる。

【0009】正の電荷を絶縁物101の表面に与えるには、図1に示した二次電子発生効率 δ が1を超える加速電圧領域を選択することで可能になる。二次電子発生効率 δ が最大になる加速電圧を選択すれば、最も高い正電圧を与えることが可能である。しかし、一般には、二次電子発生効率 δ が最大になる加速電圧は数100 Vと低いことから、観察として満足できる分解能を得ることは困難である。

【0010】そこで、本発明では二次電子発生効率 δ が最大になる加速電圧（図5、A点）で一定の時間、一定の領域に電子照射（帯電）を行った後、観察の加速電圧（図5、B点）で観察を行う。この操作により、正の帯電と高分解能観察を両立することが可能になる。B点として、二次電子発生効率 δ が1.0に近い加速電圧を選ぶことにより、電子照射で形成した正の帯電を長時間保持することができる。

【0011】さらに高い正電圧を絶縁物、例えば半導体ウエハ上に塗布されたレジスト表面に帯電させるには、図6に示すように試料108に対面して対面電極107を設け、これに正の電圧を印加する方法がある。これは低加速電圧では、二次電子の放出が1.0になるように絶縁物の表面に正の帯電が起こるという原理に基づくもので、対面電極107を正電圧で高くするほど絶縁物表面の帯電電圧が高くなる。よって、帯電操作時に試料に對面して対面電極107を設け、これに正電圧を対面電極電源109より印加する。これにより、試料108の表面はより高い正電圧に帯電され、観察の効果を大きくすることができる。

【0012】図3に示したような試料内部の配線を観察可能にするには、加速電圧を二次電子放出比が1.0以下になる値に設定する。例えば、5kVとする。5kVの加速電圧では、電子は絶縁物101内に0.3~0.4 μ mの深さまで進入する。図7に、絶縁物101内に電子が進入している様子を模式的に示した。半導体で使われている絶縁物101の厚さは約1 μ mである。表面から配線105までの深さは約0.4 μ mであり、

(A)に示すように、内部配線105のある部分では照射電子は配線105まで到達している。また、加速電圧が5kVでは、二次電子放出比が1.0以下であるため、絶縁物101の表面は負に帯電する。(B)に示すように、この表面に帯電した電圧で絶縁物101の表面と導体基板103との間に電界が印加され、電子の進入で生成された電子正孔対の電子110が電界により基板103に向かって流れるようになり、帯電電圧は抑制される。すなわち、照射電子の量と絶縁物101を流れる電子量がバランスする帯電電圧になる。

【0013】図7に示すように、内部配線105がある(A)の部分は、照射電子が配線105まで到達しているため、電子正孔対が多く、帯電電圧は低い。一方、内部配線のない(B)の部分は、照射電子が基板103にまで到達していないため、電子正孔対が少なく、帯電電圧は高くなる。この電圧は照射する時間、面積で変化する。この帯電処理の後、低加速電圧(図5のBの条件)で観察すると、帯電電圧の差によるコントラストが観察できる。(A)の部分は暗く、(B)の部分は明るく観察できる。

【0014】図7の例では、負の帯電を形成する方法として2kVを越える加速電圧を選択したが、二次電子発生効率 δ がやはり1以下になる30V以下の加速電圧を選択することも可能である。30V以下の加速電圧では、電子のエネルギーが低いため、照射電子は試料内に侵入することなく試料表面に止まり、負の帯電を与える。図8は、絶縁薄膜の試料に30V以下で加速した電子を一定時間照射したときの表面の負帯電の様子を示したものである。電子照射により一定量の電荷が表面に蓄積される(厳密には、照射時間に比例しないが、表面電

圧が数V以下であれば比例すると考えて良い)。図のように絶縁薄膜の厚さが異なっていると、電荷(Q)の蓄積で起こる電圧V(負)は $V=Q/C$ (ここで、Cは薄膜が表面と基板とで作る静電容量で $C=\epsilon \cdot S/d$)になることから、厚い箇所の電圧は薄い箇所より高くなる。

【0015】この処理の後、低加速電圧(図5のBの条件)で観察すると絶縁薄膜表面の電圧差が観察できる。すなわち、表面からは見ることでない内部の情報を得ることができる。この負の電圧差は、観察を続けると表面の電荷が中和され、低加速電圧(図5のBの条件)で作る正の電圧に安定して、消滅する。負に帯電させたことで安定電圧との差が大きくなり、しかも消滅するまでの時間を長くすることができる。ここでは、絶縁薄膜の厚さの差が見えることを説明したが、図9のように絶縁薄膜に欠陥(絶縁不良)がある場合は、その部分のみ電荷が蓄積されないため絶縁薄膜の欠陥を電圧差として観察することが可能になる。また、加速電圧として5kVを選択した場合には、電子のエネルギーによる半導体素子の損傷の可能性があるが、30kV以下の加速電圧では損傷の問題は皆無である。

【0016】負の帯電を作るもう一つの方法として、図6で説明した対面電極107に試料108に対して負電圧を与える方法も可能である。原理は、前述したように一次電子と二次電子のバランスによるもので、対面電極107が負電圧になっているため試料108の表面が負電圧になることでバランスする。このように、本発明によると、絶縁物の表面の帯電を積極的に利用することで、これまで観察できなかったコンタクトホール底や試料内部の配線の状態を観察することが可能になる。

【0017】以上をまとめると、本発明による走査形電子顕微鏡は、加速した電子ビームで試料を走査し、試料から発生した二次電子又は反射電子あるいはその両者を検出して像を形成する走査形電子顕微鏡において、第1の加速電圧で試料に電子照射を行った後、第1の加速電圧と異なる第2の加速電圧で走査像観察を行う機能を有することを特徴とする。

【0018】本発明による走査形電子顕微鏡は、また、加速した電子ビームで試料を走査し、試料から発生した二次電子又は反射電子あるいはその両者を検出して像を形成する走査形電子顕微鏡において、試料に電圧を印加する電圧印加手段を備え、電圧印加手段により第1の電圧を試料に印加した状態で電子照射を行った後、第1の電圧と異なる第2の電圧を試料に印加して像観察を行う機能を有することを特徴とする。

【0019】本発明による走査形電子顕微鏡は、また、加速した電子ビームで試料を走査し、試料から発生した二次電子又は反射電子あるいはその両者を検出して像を形成する走査形電子顕微鏡において、試料に電圧を印加する第1の電圧印加手段と、試料に對面した対面電極に

電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備え、第1の電圧印加手段及び／又は第2の電圧印加手段により電圧を印加して試料に電子照射を行った後、第1の電圧印加手段及び／又は第2の電圧印加手段により前記電子照射時とは異なる電圧を印加して像観察を行う機能を有することを特徴とする。

【0020】像観察時の電子ビーム加速電圧は、2 kV以下であるのが好ましい。また、電子照射時の電子ビーム加速電圧は、観察対象とする試料内構造を被覆する絶縁膜を貫通するに十分な値に設定することができる。このような条件で電子照射を行ってから試料を観察すると、試料内構造、例えば内部配線を観察することができる。

【0021】また、電子照射時の電子ビーム加速電圧は、30 V以下に設定することができる。このような条件で電子照射を行ってから試料を観察すると、絶縁薄膜の厚さ分布や欠陥を検出することができる。電子照射時に、試料の電圧が試料に対面する対面電極あるいは対物レンズ下面に対し正電圧になるように試料印加電圧あるいは対面電極の電圧を制御してもよい。

【0022】本発明による走査形電子顕微鏡は、また、電子源と、電子源から発生した一次電子ビームを試料上に走査する走査偏向器と、一次電子ビームを収束する対物レンズと、試料に負電圧を印加して対物レンズと試料との間に一次電子ビームに対する減速電界を形成する電圧印加手段と、電子源と対物レンズの間に配置されて試料からの二次信号を検出する二次信号検出器とを備える走査形電子顕微鏡において、電圧印加手段により第1の電圧を試料に印加して第1の加速電圧で一次電子ビームを試料上に走査した後、電圧印加手段により第1の電圧と異なる第2の電圧を試料に印加して第2の加速電圧で一次電子ビームを試料上に走査して試料像を観察する機能を有することを特徴とする。

【0023】本発明による走査形電子顕微鏡は、また、電子源と、電子源から発生した一次電子ビームを試料上に走査する走査偏向器と、一次電子ビームを収束する対物レンズと、一次電子ビームの照射により試料から発生する二次信号を検出する二次信号検出器を含み、試料の二次元走査像を得る走査形電子顕微鏡において、対物レンズの電子ビーム通路に配置された加速円筒と、加速円筒に一次電子ビームの後段加速電圧を印加する第1の電圧印加手段と、試料に負電圧を印加する第2の電圧印加手段とを備え、第1の電圧印加手段及び第2の電圧印加手段により電圧を印加して試料を走査する処理を行った後、第1の電圧印加手段及び第2の電圧印加手段により前記処理の際とは異なる電圧を印加して試料を走査して試料の二次元走査像を得る機能を有することを特徴とする。

【0024】前記走査形電子顕微鏡は、電子ビームの通路に偏向器と偏向器により偏向された電子ビームを遮断

するアパーチャとからなるブランキング手段を備え、ブランキング手段を用いて、第1の加速電圧に設定されるまでの間の電子ビーム遮断、電子照射時間、及び第2の加速電圧に設定されるまでの間の電子ビーム遮断を制御することができる。偏向器は、静電方式または電磁方式とすることができる。

【0025】前記走査形電子顕微鏡は、電子線照射及び第2の加速電圧の設定が、動作条件及び動作シーケンスを記述したプログラムによって自動的に実行されることが望ましい。動作条件の例としては、第1の試料電圧の大きさ、電子照射の時間と面積、第2の試料電圧の大きさ、走査像観察条件などがあり、動作シーケンスの例としては、第1の試料電圧印加、ブランキング制御、電子照射、ブランキング制御、第2の試料電圧印加、観察条件設定、ブランキング制御、像観察、記録等からなる一連の処理を挙げることができる。

【0026】本発明の走査形電子顕微鏡は、他の装置で得られた試料上の位置に関する情報が入力され、試料を保持する試料ステージが前記情報に基づいて自動的に移動する機能を有するのが好ましい。試料ステージは、レーザーまたはリニアセンサー等で位置制御された試料ステージとすることができ、他の装置で得られた情報を入力する手段は、通信ケーブルを介したデータ通信であってもよいし、記録媒体を用いた情報入力であってもよい。また、各試料位置での走査像を記録し、記録された走査像を分類して表示する機能を有するのが望ましい。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図10は、典型的なリターデング方式の走査形電子顕微鏡の概略図である。本発明の主旨は、観察時の加速電圧と異なる加速電圧で電子ビームを試料上に照射し、必要な帯電を試料表面に与えた後に、観察を実行することである。試料に照射される電子ビームの加速電圧を変化させるには、電子銃から放出される電子の加速電圧を変える一般的な方法で良いのはもちろんであるが、本発明の実施にはリターデング方式の走査形電子顕微鏡が好適であることから、ここではリターデング方式の走査形電子顕微鏡による実施例を説明する。電界放出陰極1と引出電極2との間に引出電圧3を印加すると、放出電子4が放出される。放出電子4は、引出電極2と接地電圧にある陽極5の間でさらに加速（減速の場合もある）される。陽極5を通過した電子ビーム（一次電子ビーム）7の加速電圧は電子銃加速電圧6と一致する。

【0028】陽極5で加速された一次電子ビーム7はコンデンサレンズ14、上走査偏向器15、下走査偏向器16で走査偏向を受ける。上走査偏向器15、下走査偏向器16の偏向強度は、対物レンズ17のレンズ中心を支点として試料12上を二次元走査するように調整されている。偏向を受けた一次電子ビーム7は、対物レンズ

17の通路に設けられた加速円筒9でさらに後段加速電圧22の加速を受ける。後段加速された一次電子ビーム7は、対物レンズ17のレンズ作用で試料12上に細く絞られる。対物レンズ17を通過した一次電子ビーム7は、試料12に印加されている負のリターデング電圧13で対物レンズ17と試料12間に作られる減速電界で減速されて、試料12に到達する。

【0029】この構成によれば、対物レンズ17を通過するときの一次電子ビーム7の加速電圧は、(電子銃加速電圧6)+(後段加速電圧22)で、試料12に入射する加速電圧〔(電子銃加速電圧6)-(リターデング電圧13)〕より高くなっている。この結果、試料に入射する加速電圧の一次電子ビーム〔(電子銃加速電圧6)-(リターデング電圧13)〕そのものを対物レンズ17で絞る場合に比較し、より細い電子ビーム(高い分解能)が得られる。これは、対物レンズ17の色収差が減少することによる。典型的な例では、電子銃加速電圧6を2kV、後段加速電圧22を7kV、リターデング電圧13を1kVとする。この例では、一次電子ビーム7は対物レンズ17内を9kVで通過し、試料に入射する加速電圧は1kVになる。この例での分解能は、1kVの一次電子ビームそのものを絞ったときの分解能10nmに比較すると、約3分の1の3nmに改善される。

【0030】一次電子ビーム7が試料12を照射すると二次信号11が発生する。ここで考慮する二次信号11は二次電子と反射電子である。対物レンズ17と試料12間に作られている電界は、発生した二次信号11に対しては加速電界として作用するため、対物レンズ17の通路内に吸引され、対物レンズ17の磁界でレンズ作用を受けながら上昇する。対物レンズ17内を通過した二次信号11は走査偏向器15、16を通過し、反射板29に衝突する。この反射板29は、中央に一次電子ビーム7を通過させる開口を持った導電性の板である。二次信号11が衝突する面は二次電子の発生効率のよい物質、例えば金蒸着面になっている。二次信号11である二次電子と反射電子は、ほぼ同じ軌道を通して反射電子板29に衝突する。

【0031】反射板29に衝突した二次電子と反射電子は、ここで、二次電子30を発生させる。反射板29で作られた二次電子30は、接地に対して負電圧を印加した静電偏向電極31aと正電圧を印加した静電偏向電極31bで偏向される。静電偏向電極31bはメッシュ状で、偏向された二次電子30が通過できるようになっている。33a、33bは磁界偏向コイルで、静電偏向電極31a、31bの作る電界と直交する磁界を発生させ、静電偏向による一次電子ビーム7の偏向を打消すようになっている。メッシュ状の静電偏向電極31bを通過した二次電子は正の10kV高電圧(図示せず)が印加されたシンチレータ32に吸引され、シンチレータ3

2に衝突し、光を発生する。この光をライトガイド24で光電子増倍管18に導き、電気信号に変換し、増幅する。この出力でブラウン管の輝度変調を行う(図示せず)。

【0032】本実施例で、例えば絶縁物の表面に正の帯電を与えてコンタクトホールの観察を行う方法を説明する。すでに述べたように、観察時の加速電圧(第2の加速電圧)は1kV(電子銃加速電圧2kV-リターデング電圧1kV)である。第1の加速電圧は最大の二次電子放出比が得られる加速電圧、例えば300Vに設定する。ここでは、1000Vであったリターデング電圧13を1700Vとする。

【0033】リターデング電圧を用いない一般の低加速の走査形電子顕微鏡では、電子銃加速電圧を1kVにして観察し、300Vにして帯電処理を行う。この方法では、帯電処理の際に、コンデンサレンズ14、対物レンズ17の強度を像観察時と異なる300Vに合わせる。また走査コイル15、16の強度も合わせる必要がある。特に、300Vのように電子銃加速電圧が低い場合には、電子を試料12まで導くことも難しくなる。

【0034】これに対し、リターデングによる方法は、リターデング電圧13を変えるのみでレンズを含む光学系の調整を必要としない。走査倍率の変化も小さい。すなわち、本実施例では、リターデング電圧13を1000Vから1700Vとするのみで帯電処理が可能になる。電子照射では、焦点合わせは不要であるため、リターデング電圧を1700Vにして一定の領域(倍率)で一定時間の照射を行った後、リターデング電圧を1000Vに戻すと、再び焦点の合った、しかもホール内が見える観察が可能になる。

【0035】内部配線を観察するための、負電圧の帯電を行うには、試料12に印加する電圧(リターデング電圧)を正極に変換し、例えば、正の3kVを印加する。こうすると加速電圧は5kVになり、絶縁物表面に負電圧の帯電を起こすことができる。この負電圧の帯電を与える処理を試料上の一定領域に一定時間行った後に、リターデング電圧を元に戻すと内部配線の観察が可能になる。

【0036】この実施例では、試料12から二次電子を引き出す方向の電界が印加されているが、負の帯電をより進めるために、二次電子を試料に戻すような電界を印加することも効果的である。例えば、負に帯電させるために試料に正の電圧を印加したが、このときに後段加速電圧を負の電圧、例えば1200Vにする。この結果、試料には逆電界、二次電子を試料に戻す方向の電界が印加され、前述したように負の帯電が促進される。また、リターデング電圧を1970V(負極)とし、加速電圧を30Vとして負の帯電を起こさせることも可能である。

【0037】図10で、一次電子ビーム7の開口角を制

御する絞り8は、調整つまみ10によって軸合せができるようになっている。19は試料12をXY方向に移動するためのXY移動機構で、この上に絶縁板21で絶縁されたホルダ20が置かれ、これにリターデング電圧13が印加されている。このホルダ20に試料(例えばウエハ)12を載せる。載せることで電気的接触ができ、試料12にもリターデング電圧13が印加される。34はブランカーで、これにブランキング電圧35を印加することで電子ビーム7を偏向し、絞り8に衝突させ、電子ビームが試料に到達しないようにする。本発明では、このブランキングは非常に有効で、以下に説明するように、条件設定等の時間は電子照射を停止し、照射、観察等必要な時間のみ電子照射を行うことを可能にする。

【0038】次に本実施例での、帯電操作を用いた観察方法を図11のフローチャートを参照して説明する。ここで説明するのは、加速電圧800Vでホール等を観察する例である。加速電圧800Vで電子線光学系の調整(焦点合わせ等)を完了したのち(S11)、試料の走査像を見て観察箇所、観察倍率を決める(S12)。この時、必要に応じて、画像を記憶装置に保存する(画像A)。その後、ビームブランキングをONにしてビームを停止(ブランキング)し(S13)、帯電処理の条件を設定する(S14)。例えば、加速電圧300V(この実施例では、リターデング電圧を1700Vにする)、倍率1000倍で、照射時間10秒と設定する。設定が完了した後、ビームブランキングをOFFにし(S15)、先に設定された条件で電子ビームを照射して帯電処理を行い(S16)、帯電処理が終了すると再びビームブランキングをONにする(S17)。次に、ステップ12の際の観察条件に戻した後(S18)、ビームブランキングをOFFとし(S19)、像観察及び画像の記録(画像B)を行う(S20)。帯電の効果の持続時間が短い場合、または自動運転の場合には、観察なしに直接画像の記録を行ってもよい。画像Bにより、形状の観察、寸法計測が行なわれるが、画像Aとの演算(加算、減算)により変化等を検出し、加工構造の異常や形状不良を判定することが可能となる。この後、再び新しい観察箇所に移動し、同様の操作を繰り返す。この一連の操作はプログラムとして記憶させることにより、一命令としてボタン操作によりあるいはシステム内の1つのプログラムとして動作するようになっている。

【0039】本発明の走査形電子顕微鏡による試料上の観察箇所は、光や電子を用いた欠陥検査装置によって得られた欠陥位置データによって決定してもよい。図12に、本発明による走査形電子顕微鏡と欠陥装置等他の装置との接続例を示す。破線内は本発明装置の構成で、電子ビーム鏡体201、レーザーステージ202を内蔵した試料室203、レーザーステージ202を制御するステージ制御装置204、全体を統括制御する本体制御装

置205からなっている。ここではレーザー制御の例を示したが、リニヤースケイラーであってもよい。ここでステージに必要なことは、アドレスを指定することにより正確に指定された箇所に移動する機能をもっていることである。本発明装置は他の装置206、例えば光学顕微鏡による半導体のパターン欠陥装置、と通信路207で結ばれており、アドレスデータ等の情報を受発信できるようになっている。他の装置206で得られたアドレスデータは、通信路を介さずに記録媒体に記録して運び、記録媒体から本発明の装置にデータを取り込んでよい。

【0040】本発明装置は、他の装置206で発見した欠陥位置を示すアドレスに基づき、その箇所を観察する。一般に観察すべき箇所は多いため、検査は自動で行われることが多い。この検査結果は、大きさや形状で分類されるが、本発明装置の機能である電子照射操作を用いると、負の帯電処理で観察可能になったものか、正の帯電処理で観察可能になったものかにより、また照射時の加速電圧等により、検出された欠陥に関して試料の内部欠陥、ホールの非開口、絶縁不良等の重要な情報を得ることが可能である。これらの情報は欠陥の種類等によって自動的に分類され、モニター等の表示装置に表示される。図13はこのような分類の例で、縦軸が個数、横軸が欠陥の種類である。半導体プロセスでは、この欠陥の分類を参考にして、いち早く欠陥の発生箇所(装置)を特定し、その対策を行い、歩留まりの低下を予防すると共に継続的な改善を図っている。

【0041】

【発明の効果】本発明によれば、低加速電圧の走査電子顕微鏡で観察することが困難であったホール底の観察や内部配線を観察することが可能になり、これまで観察不可能であった箇所の測定を可能とし、さらには隠れていたプロセス欠陥を顕在化する等、低加速電圧の走査電子顕微鏡の新たな用途を創出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】二次電子発生効率 δ の加速電圧依存性を説明する図。

【図2】深いコンタクトホールの内部での二次電子衝突を説明する図。

【図3】絶縁物内の配線を説明する図。

【図4】高アスペクトホールの観察を可能にする正の帯電を説明する図。

【図5】正の帯電を行う加速電圧と観察する加速電圧と二次電子発生効率との関係を説明する図。

【図6】試料に対面する対面電極を説明する図。

【図7】絶縁物内の配線に加速電圧5kVの電子ビームを照射したときの状況を説明する図。

【図8】絶縁薄膜試料に30V以下で加速した電子を照射したときの帯電の様子を示す図。

【図9】絶縁薄膜試料に30V以下で加速した電子を照

射したときの帯電の様子を示す図。

【図10】リターデング方式の走査形電子顕微鏡の概略図。

【図11】帯電操作を用いた観察方法の一例を説明するフローチャート。

【図12】本発明による走査形電子顕微鏡と他の装置との接続例を示す図。

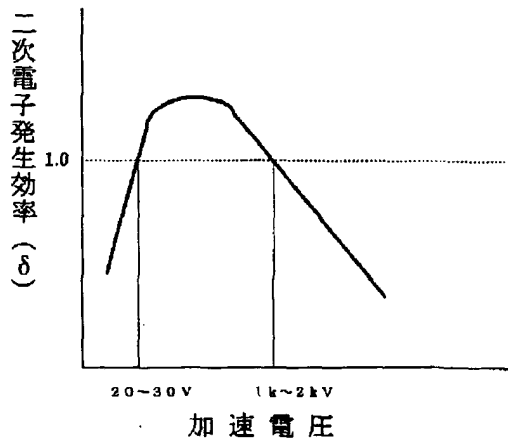
【図13】検出された欠陥を分類表示した例を示す図。

【符号の説明】

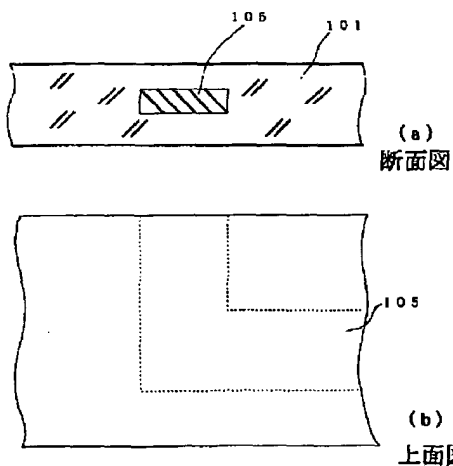
1：電界放出陰極、2：引出電極、3：引出電圧、4：放出電子、5：陽極、6：電子銃加速電圧、7：一次電子ビーム、8：絞り、9：後段加速円筒、10：調整つまみ、12：試料、13：リターデング電圧、14：コンデンサレンズ、15：上走査偏向器、16：下走査偏

向器、17：対物レンズ、18：光電子増倍管、19：XY移動機構、20：ホルダ、21：絶縁板、22：後段加速電圧、23：二次信号、24：ライトガイド、29：反射板、30：二次電子、31a, b：静電偏向電極、32：シンチレータ、33a, b：磁界偏向コイル、34：ブランカー、35：ブランキング電圧、101：絶縁物、102：コンタクトホール、103：基板、104：二次電子、105：配線、106：正の帯電、107：対面電極、108：試料、109：対面電極電圧、110：電子、201：電子ビーム鏡体、202：レーザーステージ、203：試料室、204：ステージ制御装置、205：本体制御装置、206：他の装置、207：通信路

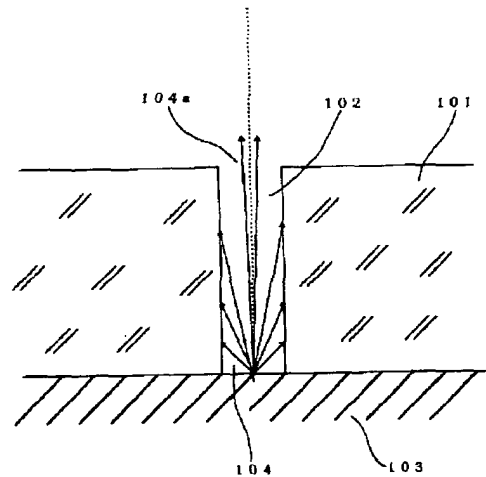
【図1】



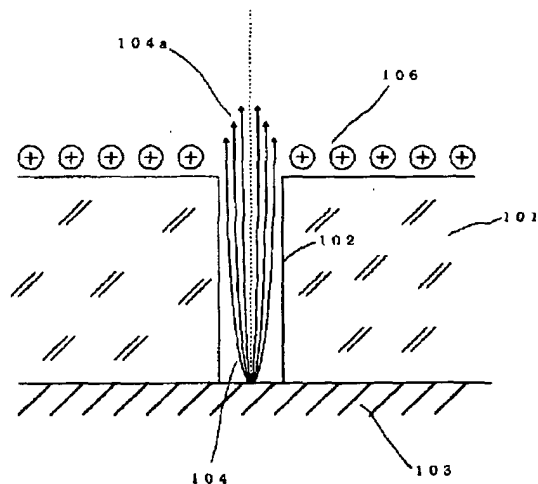
【図3】



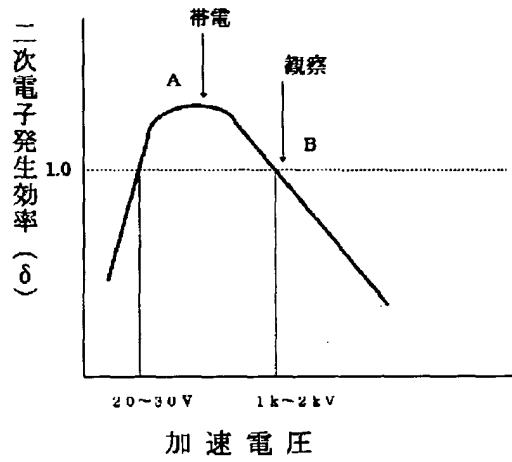
【図2】



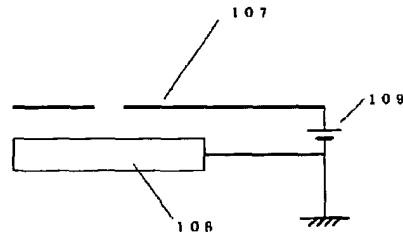
【図4】



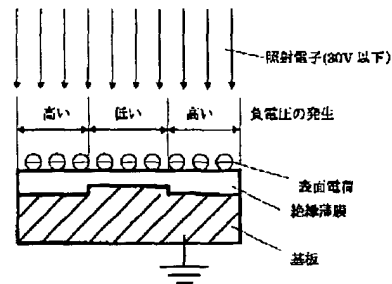
【図5】



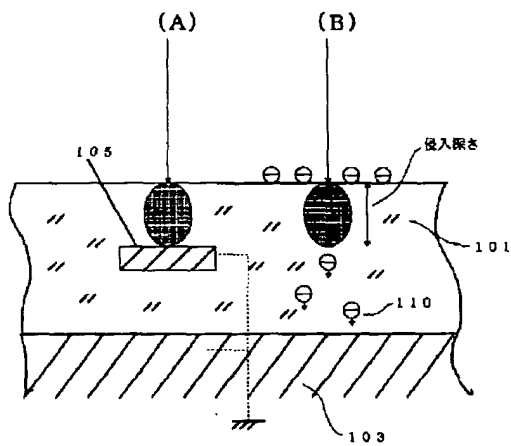
【図6】



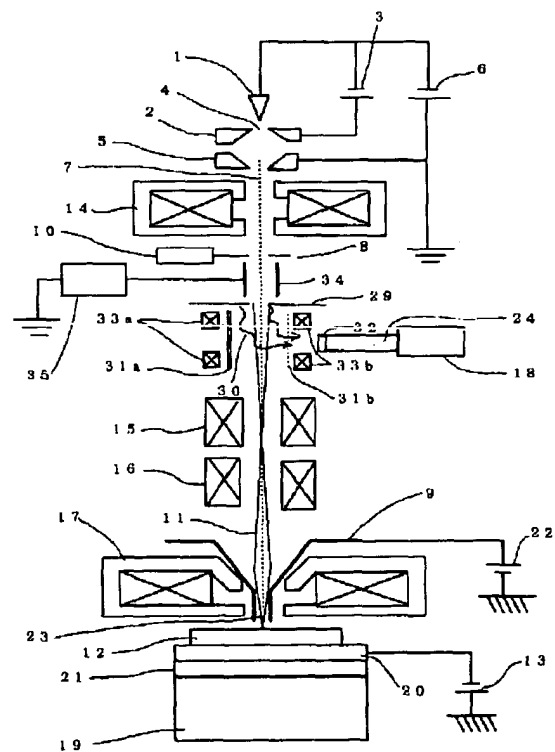
【図8】



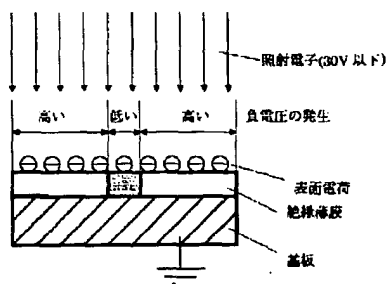
【図7】



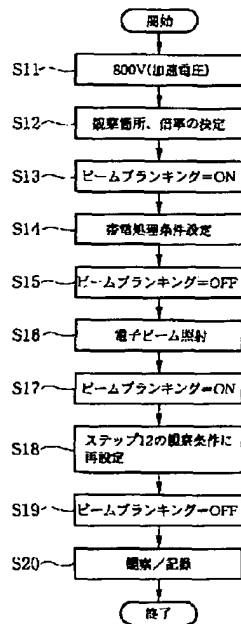
【図10】



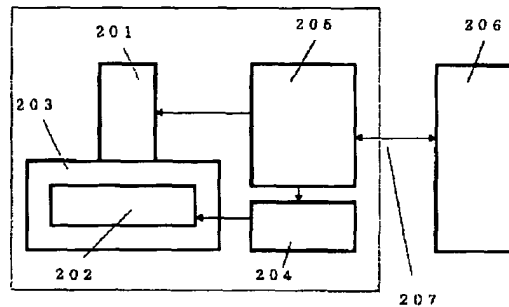
【図9】



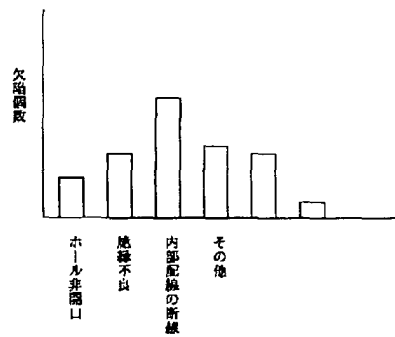
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 宇佐見 康継
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株
式会社日立製作所計測器事業部内

Fターム(参考) 5C030 BB17 BC04 BC06
5C033 UU02 UU03 UU04